

## EXTERNAL FORCE MEASURING DEVICE

Patent number: JP2003202226  
 Publication date: 2003-07-18  
 Inventor: MOCHIDA YOICHI  
 Applicant: MURATA MFG CO LTD  
 Classification:  
 - international: G01C19/56; G01P9/04; G01P15/125  
 - european:  
 Application number: JP20020000914 20020107  
 Priority number(s):

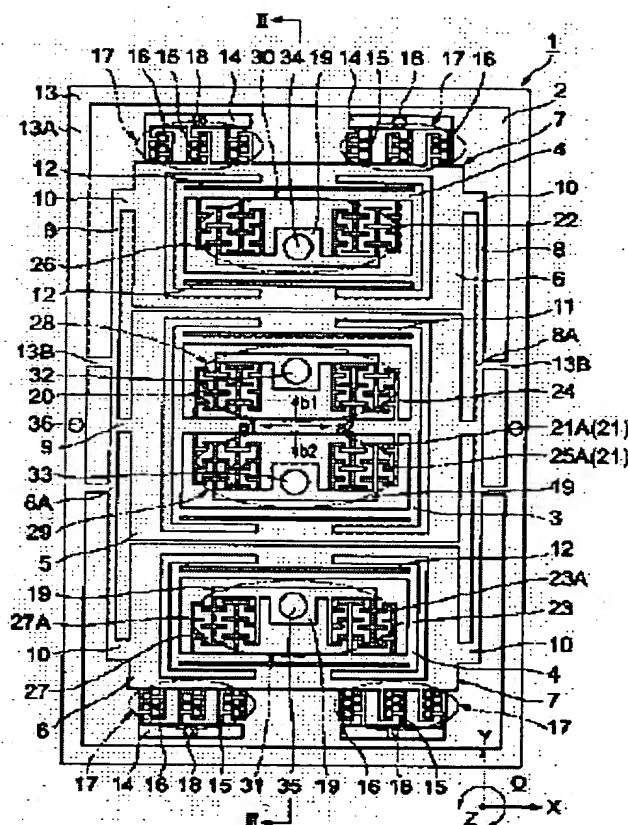
## Abstract of JP2003202226

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stabilize a vibration condition of a mass part and improve detection precision and reliability by providing a twist connection part between a support beam and the mass part.

**SOLUTION:** The mass parts 3, 5 at the center and both side mass parts 7 composed of the mass parts 4, 6 are mutually connected by the outer side support beam 8. A node part 8A corresponding to a node when the mass parts 3, 5 and both side mass parts 7 among the support beam 8 vibrate in reverse phase is fixed to a basic plate 2 by a fixing part 13.

The mass parts 3, 4 are displaced in the direction of Y-axis in accordance with angular velocity  $\Omega$  around Z-axis while the mass parts 3 to 6 vibrate in the direction of X-axis to detect its displacement amount as angular velocity.

Moreover, the twist connection part 10 which is bent and deformed so as to twist around Z-axis is provided between the mass part 6 and the support beam 8. Consequently, it is possible to prevent the displacement of both side mass parts 7 in the direction of Y-axis by bending and deformation of the support beam 8 irrespective of angular velocity to increase detection precision when both side mass parts 7 vibrate in the direction of X-axis.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

資料 ① (先願)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-202226

(P 2 0 0 3 - 2 0 2 2 2 6 A)

(43) 公開日 平成15年 7 月 18 日 (2003. 7. 18)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターマコード (参考)
G01C 19/56		G01C 19/56	2F105
G01P 9/04		G01P 9/04	
15/125		15/125	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全12頁)

(21) 出願番号 特願2002-914 (P 2002-914)

(22) 出願日 平成14年 1 月 7 日 (2002. 1. 7)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 持田 洋一

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式

会社村田製作所内

(74) 代理人 100079441

弁理士 広瀬 和彦

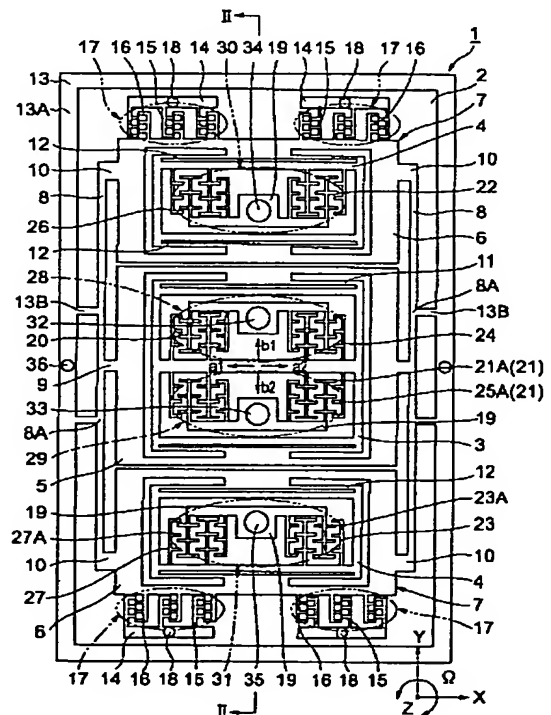
F ターム (参考) 2F105 BB05 CC04 CD03 CD05 CD13

(54) 【発明の名称】 外力計測装置

(57) 【要約】

【課題】 支持梁と質量部との間に振れ連結部を設けることにより、質量部の振動状態を安定させ、検出精度や信頼性を向上させる。

【解決手段】 中央の質量部 3、5 と、質量部 4、6 からなる両側質量部 7 とを外側支持梁 8 により連結し、この支持梁 8 のうち質量部 3、5 と両側質量部 7 とが逆位相で振動するときの節に対応する節部 8 A を固定部 13 によって基板 2 に固定する。そして、質量部 3 ~ 6 を X 軸方向に振動させた状態で、質量部 3、4 を Z 軸周りの角速度  $\Omega$  に応じて Y 軸方向に変位させ、その変位量を角速度として検出する。また、質量部 6 と支持梁 8 との間には、Z 軸周りで振れるように撓み変形する振れ連結部 10 を設ける。これにより、両側質量部 7 が X 軸方向に振動するときには、これらが支持梁 8 の撓み変形によって角速度と関係なく Y 軸方向に変位するのを防止でき、検出精度を高めることができる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】 基板と、

該基板と隙間をもって対向し互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸からなる 3 軸方向のうち Y 軸方向に並んで配置された複数の質量部と、  
該各質量部を挟んで X 軸方向の両側に撓み変形可能に設けられ Y 軸方向に延びた支持梁と、  
前記各質量部のうち Y 軸方向の中間部位に位置する中間質量部と該支持梁との間を連結する中間連結部と、  
前記各質量部のうち Y 軸方向の両側に位置する両側質量部と前記支持梁との間を Z 軸周りの捩れが可能な状態で連結する捩れ連結部と、  
前記基板と支持梁との間に設けられ該支持梁を基板に固定する固定部と、  
前記各質量部のうち少なくとも一部の質量部を振動させることにより互いに隣接する質量部が逆位相で X 軸方向に振動する振動発生手段と、  
前記各質量部に角速度または加速度が作用したときに質量部が Y 軸方向に変位する変位量を角速度または加速度として検出する外力検出手段とにより構成してなる外力計測装置。

【請求項 2】 前記両側質量部は前記支持梁に対して X 軸方向の隙間を挟んで対向する側面を有し、前記捩れ連結部は前記両側質量部を前記側面の 1 箇所で支持する構成としてなる請求項 1 に記載の外力計測装置。

【請求項 3】 前記捩れ連結部は前記支持梁から両側質量部に向けて L 字状またはクランク状に屈曲した屈曲部により形成してなる請求項 1 または 2 に記載の外力計測装置。

【請求項 4】 前記捩れ連結部は前記両側質量部の重心位置よりも Y 軸方向の外側となる位置で当該両側質量部に連結する構成としてなる請求項 1、2 または 3 に記載の外力計測装置。

【請求項 5】 前記固定部は支持梁のうち前記各質量部が互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を前記基板に固定する構成としてなる請求項 1、2、3 または 4 に記載の外力計測装置。

【請求項 6】 前記基板には、前記各質量部、支持梁、中間連結部、捩れ連結部、固定部、振動発生手段及び外力検出手段を覆う蓋板を設け、該蓋板には、前記振動発生手段に駆動信号を供給する駆動側配線と、前記外力検出手段から検出信号を出力する検出側配線と、該検出側配線を取囲んで前記駆動側配線と検出側配線との間を仕切る位置に形成され前記振動発生手段と外力検出手段とをアース側に接続する棒状の接地配線とを設けてなる請求項 1、2、3、4 または 5 に記載の外力計測装置。

## 【請求項 7】 基板と、

該基板と隙間をもって対向し互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸からなる 3 軸方向のうち X 軸方向に振動可能となつた第 1 の質量部と、

該第 1 の質量部を挟んで Y 軸方向の両側に設けられ X 軸方向に振動可能となつた 2 個の第 2 の質量部と、  
前記第 1 の質量部を取囲んで設けられ該第 1 の質量部を Y 軸方向に変位可能に支持する第 3 の質量部と、  
前記各第 2 の質量部をそれぞれ取囲んで設けられ該各第 2 の質量部を Y 軸方向に変位可能に支持する 2 個の第 4 の質量部と、  
前記第 1 ないし第 4 の質量部を挟んで X 軸方向の両側に撓み変形可能に設けられ長さ方向の途中部位が前記第 3 の質量部と連結された支持梁と、  
該支持梁の長さ方向両側と前記第 4 の質量部とを Z 軸周りで撓み変形可能に連結した撓み連結部と、  
前記基板と支持梁との間に設けられ該支持梁の長さ方向の途中部位を前記基板に固定する固定部と、  
前記各質量部のうち少なくとも一部の質量部を振動させることにより前記第 1、第 3 の質量部と第 2、第 4 の質量部とが互いに逆位相で X 軸方向に振動する振動発生手段と、  
前記各質量部に角速度または加速度が作用したときに該各質量部が Y 軸方向に変位する変位量を角速度または加速度として検出する外力検出手段とにより構成してなる外力計測装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば角速度、加速度等の外力を検出するのに好適に用いられる外力計測装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、外力計測装置としては、基板と、該基板により支持梁を介して互いに直交する 2 方向に変位可能に支持された質量部と、該質量部を前記 2 方向のうち基板と平行な振動方向に振動させる振動発生手段と、前記質量部が前記振動方向と直交する検出方向に変位するときの変位量を角速度として検出する外力検出手段とから構成された角速度センサが知られている（例えば、特開平 5-312576 号公報等）。

【0003】この種の従来技術による角速度センサは、基板に対して平行な X 軸、Y 軸と垂直な Z 軸のうち、例えば X 軸方向に沿って質量部を所定の振幅で振動させ、この状態で Z 軸周りの角速度が加わると、質量部には Y 軸方向のコリオリ力が作用する。これにより、質量部は Y 軸方向に変位するので、外力検出手段は、このときの質量部の変位量を静電容量等の変化として検出することにより、角速度に応じた検出信号を出力するものである。

【0004】この場合、質量部は、基板に設けられた支持梁によって X 軸方向等に変位（振動）可能に支持されている。そして、この支持梁は、基端側が基板に固定され、先端側が質量部に連結されると共に、角速度センサの作動時には、支持梁が撓み変形することによって質量

部が X 軸方向に振動する構成となっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来技術では、質量部が支持梁を介して基板に連結されているため、質量部が基板上で振動するときには、その振動が支持梁を介して基板側に伝わり易い。

【0006】このため、角速度センサの作動時には、振動エネルギーが基板側に漏れることによって質量部の振幅、振動速度等が減少し、角速度によるコリオリ力が小さくなって検出感度が不安定となる虞れがある。また、基板側に振動が伝わると、質量部は、角速度が加わっていないにも拘らず、基板の振動により Y 軸方向（検出方向）に振動することがあるため、角速度の検出値に誤差が生じ易くなり、信頼性が低下するという問題がある。

【0007】また、質量部が支持梁を介して振動するときには、支持梁が撓み変形することによって質量部が Y 軸方向に変位したり、Z 軸周りで振れるように傾くことがあるため、これらの変位によって角速度の検出信号にノイズ等が生じ易くなり、その検出精度が低下するという問題もある。

【0008】本発明は上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明の目的は、支持梁の撓み変形等に対して質量部を安定的に振動させることができ、その振動が基板側に伝わるのを防止できると共に、検出精度を高めて信頼性を向上できるようにした外力計測装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために請求項 1 の発明は、基板と、該基板と隙間をもって対向し互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸からなる 3 軸方向のうち Y 軸方向に並んで配置された複数の質量部と、該各質量部を挟んで X 軸方向の両側に撓み変形可能に設けられ Y 軸方向に延びた支持梁と、前記各質量部のうち Y 軸方向の中間部位に位置する中間質量部と該支持梁との間を連結する中間連結部と、前記各質量部のうち Y 軸方向の両側に位置する両側質量部と前記支持梁との間を Z 軸周りの振れが可能な状態で連結する振れ連結部と、前記基板と支持梁との間に設けられ該支持梁を基板に固定する固定部と、前記各質量部のうち少なくとも一部の質量部を振動させることにより互いに隣接する質量部が逆位相で X 軸方向に振動する振動発生手段と、前記各質量部に角速度または加速度が作用したときに質量部が Y 軸方向に変位する変位量を角速度または加速度として検出する外力検出手段とからなる構成を採用している。

【0010】このように構成することにより、各質量部は、支持梁が撓み変形することによって互いに隣接する質量部が逆位相で X 軸方向に振動でき、外力検出手段は、この状態で質量部が Y 軸方向に変位するときの変位量を角速度または加速度として検出することができる。

この場合、支持梁の途中部位には、質量部が逆位相で振動するときにほぼ一定の位置を保持する振動の節を配置できるから、例えばこの節に対応する部位を固定部等によって基板に固定することができる。

【0011】また、各質量部が振動するときには、支持梁と両側質量部との間に介在している振れ連結部が支持梁に対して Z 軸周りで振れるように撓み変形し、支持梁の撓み変形を補償できるので、両側質量部を X 軸方向に沿ってほぼ平行に振動させることができ、これらが支持梁の撓み変形によって外力と関係なく Y 軸方向に変位するのを防止することができる。

【0012】また、請求項 2 の発明によると、両側質量部は支持梁に対して X 軸方向の隙間を挟んで対向する側面を有し、振れ連結部は前記両側質量部を前記側面の 1 箇所支持する構成としている。

【0013】これにより、支持梁が X 軸方向に撓み変形するときには、振れ連結部が支持梁と両側質量部との間でこれらの両方に対して Z 軸周りで振れるように撓み変形できるから、振れ連結部は、支持梁の変形動作（変位）のうち X 軸方向の変位量だけを両側質量部に伝えることができ、Y 軸方向への変位量を吸収することができる。

【0014】また、請求項 3 の発明によると、振れ連結部は支持梁から両側質量部に向けて L 字状またはクランク状に屈曲した屈曲部により形成する構成としている。

【0015】これにより、L 字状またはクランク状に延びた振れ連結部の先端側を両側質量部に連結でき、この先端側を支持梁に対して Z 軸周りで振れるように撓み変形させることができる。

【0016】また、請求項 4 の発明によると、振れ連結部は両側質量部の重心位置よりも Y 軸方向の外側となる位置で当該両側質量部に連結する構成としている。

【0017】これにより、両側質量部が支持梁の撓み変形によって X 軸方向に振動しつつ、Z 軸周りで振れるように変位しようとするときには、これらの質量部に振れ方向と逆向きの回転モーメントを生じさせることができ、両側質量部を変位させようとする力を回転モーメントによって打消すことができる。

【0018】また、請求項 5 の発明によると、固定部は支持梁のうち各質量部が互いに逆位相で振動するときの節に対応する部位を基板に固定する構成としている。

【0019】これにより、固定部は、各質量部が振動するときの節に対応する位置で該支持梁を基板側に固定できるから、これらの振動が支持梁を介して基板側に伝わるのを抑制することができる。

【0020】また、請求項 6 の発明によると、基板には、各質量部、支持梁、中間連結部、振れ連結部、固定部、振動発生手段及び外力検出手段を覆う蓋板を設け、該蓋板には、前記振動発生手段に駆動信号を供給する駆動側配線と、前記外力検出手段から検出信号を出力する

検出側配線と、該検出側配線を取囲んで前記駆動側配線と検出側配線との間を仕切る位置に形成され前記振動発生手段と外力検出手段とをアース側に接続する枠状の接地配線とを設ける構成としている。

【0021】これにより、接地配線は、駆動側配線に対して検出側配線を電磁氣的に遮蔽できるから、駆動信号等によって検出信号にノイズ等が生じるのを防止することができる。

【0022】さらに、請求項7の発明では、基板と、該基板と隙間をもって対向し互いに直交するX軸、Y軸、Z軸からなる3軸方向のうちX軸方向に振動可能となった第1の質量部と、該第1の質量部を挟んでY軸方向の両側に設けられX軸方向に振動可能となった2個の第2の質量部と、前記第1の質量部を取囲んで設けられ該第1の質量部をY軸方向に変位可能に支持する第3の質量部と、前記各第2の質量部をそれぞれ取囲んで設けられ該各第2の質量部をY軸方向に変位可能に支持する2個の第4の質量部と、前記第1ないし第4の質量部を挟んでX軸方向の両側に撓み変形可能に設けられ長さ方向の途中部位が前記第3の質量部と連結された支持梁と、該支持梁の長さ方向両側と前記第4の質量部とをZ軸周りで撓み変形可能に連結した撓み連結部と、前記基板と支持梁との間に設けられ該支持梁の長さ方向の途中部位を前記基板に固定する固定部と、前記各質量部のうち少なくとも一部の質量部を振動させることにより前記第1、第3の質量部と第2、第4の質量部とが互いに逆位相でX軸方向に振動する振動発生手段と、前記各質量部に角速度または加速度が作用したときに該各質量部がY軸方向に変位する変位量を角速度または加速度として検出する外力検出手段とにより構成している。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態による外力計測装置として、角速度センサを例に挙げ、添付図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0024】図中、1は本実施の形態に適用される角速度センサ、2は該角速度センサ1の本体部分を構成する基板で、該基板2は、例えば高抵抗なシリコン材料、ガラス材料等によって四角形状に形成され、互いに直交するX軸、Y軸、Z軸からなる3軸方向のうち、例えばX軸とY軸とに沿って水平に延びると共にZ軸と垂直に配置されている。

【0025】また、基板2上には、図1、図2に示す如く、例えば単結晶または多結晶をなす低抵抗なシリコン材料を基板2上に設けてエッチング処理等の微細加工を施すことにより、後述の中央質量部3、外側質量部4、枠状質量部5、6、外側支持梁8、中間連結部9、振れ連結部10、内側支持梁11、12、固定部13、電極用支持部14、19、駆動電極15、16、検出電極20、21、22、23、24、25、26、27等が形成されている。

【0026】3は基板2の中央側に配置された中央質量部で、該中央質量部3は、図1ないし図4に示す如く、略「日」の字をなす枠状体として一体に形成され、X軸方向に延びた前、後の横枠部3Aと、Y軸方向に延びた左、右の縦枠部3Bと、各横枠部3A間に位置してX軸方向に延びた中間枠部3Cとにより構成されている。

【0027】ここで、中央質量部3は、外側支持梁8、中間連結部9、振れ連結部10および内側支持梁11、12を介して外側質量部4と枠状質量部5、6とに連結されている。そして、これらの質量部3～6は、外側支持梁8によってX軸方向に変位（振動）可能に支持され、基板2と隙間をもって対向すると共に、Y軸方向に沿ってほぼ直線状に並んでいる。また、中央質量部3は、枠状質量部5の内側に設けられた内側支持梁11を用いてY軸方向に変位可能に支持されている。

【0028】4は中央質量部3を挟んでY軸方向の前、後両側に設けられた一対の外側質量部で、該各外側質量部4は、前、後の横枠部4Aと左、右の縦枠部4Bとを有する四角形の枠状体からなり、枠状質量部6の内側に設けられた内側支持梁12を用いてY軸方向に変位可能に支持されている。

【0029】5は中央質量部3を取囲んで設けられた枠状質量部で、該枠状質量部5は、前、後の横枠部5Aと左、右の縦枠部5Bとを有する四角形の枠状体として形成され、各外側質量部4の間に配置されている。そして、枠状質量部5は、その外側部位が中間連結部9を介して外側支持梁8と連結され、その内側部位には、内側支持梁11を介して中央質量部3が連結されている。

【0030】6は各外側質量部4をそれぞれ取囲んで設けられた一対の枠状質量部で、該各枠状質量部6は、前、後の横枠部6Aと左、右の縦枠部6Bとを有する四角形の枠状体として形成され、各縦枠部6Bの外側に位置する側面6B1は、X軸方向の隙間を挟んで外側支持梁8と対向している。そして、枠状質量部6は、その外側部位が振れ連結部10を介して外側支持梁8に連結され、その内側部位には内側支持梁12を介して外側質量部4が連結されている。

【0031】7は外側質量部4と枠状質量部6とにより構成された両側質量部で、該各両側質量部7は、中央質量部3を挟んで前、後両側にほぼ対称的に配置され、その重心Gは、例えば図4に示す如く外側質量部4の内側に配置されている。

【0032】8は質量部3、4、5、6を挟んでX軸方向の左、右両側に設けられた支持梁としての例えば2本の外側支持梁で、該各外側支持梁8は、X軸方向に撓み変形する細幅な梁として形成され、Y軸方向に沿って直線状に延びると共に、質量部3～6をX軸方向に変位可能に支持している。

【0033】そして、角速度センサ1の作動時には、中央の質量部3、5と両側質量部7とが外側支持梁8等を

介して互いにほぼ逆位相でX軸方向（図1中の矢示a1, a2方向）に振動し、このとき外側支持梁8の長さ方向途中部位には、振動の節となつてほぼ一定の位置を保持する4箇所の節部8Aが形成されるものである。

【0034】9は各外側支持梁8の長さ方向中間部位と杵状質量部5との間を連結する例えば2箇の中間連結部で、該各中間連結部9は、杵状質量部5が外側支持梁8に対してY軸方向に変位するのを規制している。

【0035】10は外側支持梁8の両端側と各杵状質量部6との間をそれぞれ連結する撓み連結部としての例えば4箇の振れ連結部で、該各振れ連結部10は、例えば外側支持梁8よりもやや幅広なL字状の屈曲部として形成され、外側支持梁8の端部側から杵状質量部6に向けてほぼ直角に屈曲すると共に、X軸方向に沿って直線状に延びている。

【0036】また、振れ連結部10は、その基端側が外側支持梁8の端部側に連結され、その先端側が杵状質量部6の側面6B1に連結されると共に、これによって杵状質量部6を側面6B1の1箇所で支持している。この場合、杵状質量部6に対する左、右の振れ連結部10の連結部位は、図4に示す如く、Y軸方向に対して互いに等しい位置に配設されると共に、後述の理由によって両側質量部7の重心Gよりも寸法d分だけ外側に配置されている。

【0037】そして、振れ連結部10は、外側支持梁8が撓み変形して質量部3～6が振動するときに、外側支持梁8に対してZ軸周りで振れるように（Y軸方向に傾くように）撓み変形すると共に、杵状質量部6に対しても振れるように撓み変形する。これにより、振れ連結部10は、外側支持梁8の変形動作（変位）のうち、ほぼX軸方向の変位量だけを杵状質量部6に伝達しつつ、この方向以外の撓み変形を補償、吸収することにより、両側質量部7が外側支持梁8の撓み変形によって角速度と関係なくY軸方向に変位するのを防止するものである。

【0038】11は中央に位置する杵状質量部5の内側に設けられた例えば4本の内側支持梁で、該各内側支持梁11は、X軸方向に延びる細幅な梁として形成され、Y軸方向に撓み変形可能となっている。そして、各内側支持梁11は、その先端側が中央質量部3の4隅に連結され、中央質量部3をY軸方向に変位可能に支持すると共に、中央質量部3がX軸方向に変位するのを規制している。

【0039】12は各杵状質量部6の内側に例えば4本ずつ設けられた内側支持梁で、該各内側支持梁12は、内側支持梁11とほぼ同様の細幅な梁として形成され、外側質量部4をY軸方向に変位可能に支持すると共に、外側質量部4がX軸方向に変位するのを規制している。

【0040】13は各外側支持梁8の節部8Aを基板2に固定する固定部で、該固定部13は、質量部3, 4, 5, 6等を取囲む位置で基板2上に固定された四角形状

の台座部13Aと、該台座部13Aの内側に一体に形成され、基板2から離れた位置で各外側支持梁8の節部8Aにそれぞれ連結された例えば4箇の腕部13Bとによって構成されている。そして、中央の質量部3, 5と両側質量部7とが互いに逆位相で振動するときには、これらの振動が各節部8Aの位置で互いに打消されるため、固定部13は、基板2に振動が伝わるのを抑制するものである。

【0041】一方、14は各杵状質量部6の前、後両側に位置して基板2上に設けられた例えば4箇の駆動電極用支持部、15は該各駆動電極用支持部14にそれぞれ設けられた固定側駆動電極で、該各固定側駆動電極15は、X軸方向に突出しY軸方向に間隔をもって櫛歯状に配置された複数の電極板15Aを有している。

【0042】16は各駆動電極用支持部14に対応する位置で杵状質量部6の横杵部6Aに突設された例えば4箇の可動側駆動電極で、該各可動側駆動電極16は、固定側駆動電極15の各電極板15AとY軸方向の隙間を挟んで噛合する複数の電極板16Aを有している。

【0043】17は各駆動電極15, 16により構成された振動発生手段としての振動発生部で、該各振動発生部17は、各駆動電極用支持部14に設けられた駆動電極パッド18に直流バイアス電圧と交流電圧からなる駆動信号が入力されることにより、駆動電極15, 16間に静電引力を発生し、杵状質量部6を図1中の矢示a1, a2方向に振動させる。これにより、中央の質量部3, 5と両側質量部7とは、外側支持梁8を介して互いに逆位相で振動するものである。

【0044】19は質量部3, 4の内側に位置して基板2上に設けられた例えば4箇の検出電極用支持部で、該各検出電極用支持部19のうち中央質量部3の内側に位置する2箇の支持部19には、櫛歯状の電極板20A, 21Aを有する固定側検出電極20, 21が設けられている。

【0045】また、各検出電極用支持部19のうち外側質量部4の内側に位置する2箇の支持部19には、櫛歯状の電極板22A, 23Aを有する固定側検出電極22, 23が設けられている。

【0046】24, 25は中央質量部3の中間杵部3Cに突設された可動側検出電極、26, 27は外側質量部4の横杵部4Aの内側に突設された可動側検出電極で、これらの可動側検出電極24, 25, 26, 27は、固定側検出電極20, 21, 22, 23の電極板20A, 21A, 22A, 23AとY軸方向の隙間を挟んで噛合する複数の電極板24A, 25A, 26A, 27Aを有している。

【0047】28は後述の変位量検出部29, 30, 31と共に外力検出手段を構成する変位量検出部で、該変位量検出部28は、固定側検出電極20と可動側検出電極24とからなり、これらは中央質量部3の変位量を静



電容量の変化により検出する平行平板コンデンサを構成している。そして、変位量検出部 28 は、中央質量部 3 が Y 軸方向に沿って図 1 中の矢示 b1 方向に変位するときに静電容量が減少し、中央質量部 3 が矢示 b2 方向に変位するときに静電容量が増大するものである。

【0048】29 は中央質量部 3 の変位量を検出する他の変位量検出部で、該変位量検出部 29 は、固定側検出電極 21 と可動側検出電極 25 とによりコンデンサとして構成され、その静電容量は、中央質量部 3 の変位方向に対して変位量検出部 28 と逆に増減するように予め設定されている。即ち、変位量検出部 29 は、中央質量部 3 が矢示 b1 方向に変位するときに静電容量が増大し、中央質量部 3 が矢示 b2 方向に変位するときに静電容量が減少するものである。

【0049】30 は外側質量部 4 の変位量を静電容量の変化により検出する変位量検出部で、該変位量検出部 30 は、固定側検出電極 22 と可動側検出電極 26 とからなり、これらは外側質量部 4 が矢示 b1 方向に変位するときに静電容量が増大し、外側質量部 4 が矢示 b2 方向に変位するときに静電容量が減少する。

【0050】31 は外側質量部 4 の変位量を検出する他の変位量検出部で、該変位量検出部 31 は、固定側検出電極 23 と可動側検出電極 27 とからなり、これらは、変位量検出部 30 の場合と逆に、外側質量部 4 が矢示 b1 方向に変位するときに静電容量が減少し、外側質量部 4 が矢示 b2 方向に変位するときに静電容量が増大するものである。

【0051】そして、質量部 3~6 が X 軸方向に振動しているときには、基板 2 に Z 軸周りの角速度  $\Omega$  が加わると、内側支持梁 11、12 が撓み変形することにより、質量部 3、4 が角速度  $\Omega$  の大きさに応じて Y 軸方向に変位する。これにより、変位量検出部 28、29、30、31 は、質量部 3、4 の変位量を静電容量の変化として検出し、支持部 19 に設けられた検出用電極パッド 32、33、34、35 から外部に検出信号を出力する。また、固定部 13 の台座部 13A には、後述のアース 45 に接続される例えば 2 個の接地用電極パッド 36 が設けられている。

【0052】一方、37 は基板 2 に設けられた蓋板で、該蓋板 37 は、図 2、図 5 に示す如く、例えば高抵抗なシリコン材料、ガラス材料等によって四角形状に形成され、陽極接合等の手段を用いて固定部 13 の台座部 13A 等に接合されると共に、質量部 3~6、支持梁 8、振れ連結部 10、固定部 13、振動発生部 17、変位量検出部 28~31 等を覆っている。また、蓋板 37 には、電極パッド 18、32~36 を後述の配線 38、40、41 に対して接続するために複数の貫通孔 37A が穿設されている。

【0053】38 は各振動発生部 17 に対応して蓋板 37 の 4 隅に設けられた例えば 4 個の駆動側配線で、該各

駆動側配線 38 は、例えば金属膜等により配線パターンとして形成され、蓋板 37 の貫通孔 37A を介して各駆動用電極パッド 18 に接続されている。そして、駆動側配線 38 は、外部の信号出力回路 39 から電極パッド 18 等を介して各振動発生部 17 に交流の駆動信号を供給するものである。

【0054】40 は変位量検出部 28、30 に対応して蓋板 37 の中央側に設けられた検出側配線で、該検出側配線 40 は、後述の差動アンプ 42 に対して変位量検出部 28、30 を並列に接続し、中央質量部 3 の変位量と一方の外側質量部 4 の変位量とを加算して検出するものである。

【0055】41 は蓋板 37 の中央側に設けられた他の検出側配線で、該検出側配線 41 は、差動アンプ 42 に対して変位量検出部 29、31 を並列に接続し、中央質量部 3 の変位量と他方の外側質量部 4 の変位量とを加算して検出する。

【0056】そして、検出側配線 40、41 からそれぞれ出力される検出信号は静電容量変化を電圧に変換した後、差動アンプ 42 に入力され、該差動アンプ 42 は、これらの検出信号の差を角速度  $\Omega$  に対応する検出信号として出力端子 43 に出力するものである。

【0057】44 は蓋板 37 に設けられた枠状の接地配線で、該接地配線 44 は、振動発生部 17 の可動側駆動電極 16 と変位量検出部 28~31 の可動側検出電極 24~27 とを各接地用電極パッド 36 を介してアース 45 に接続している。

【0058】また、接地配線 44 は、検出側配線 40、41 を取囲むように駆動側配線 38 と検出側配線 40、41 との間を仕切る位置に形成され、駆動側配線 38 に対して検出側配線 40、41 を静電シールドすると共に、駆動信号によって検出信号にノイズ等が発生するのを防止するものである。

【0059】本実施の形態による角速度センサ 1 は上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

【0060】まず、信号出力回路 39 から左、右の振動発生部 17 に対して、互いに逆位相となる交流の駆動信号を直流バイアス電圧と共に印加すると、左、右の固定側駆動電極 15 と可動側駆動電極 16 との間に静電引力が交互に発生し、外側質量部 4 と枠状質量部 6 とが一緒に図 6 中の矢示 a1、a2 方向に振動する。そして、この振動は、各外側支持梁 8 が X 軸方向に撓み変形することによって枠状質量部 5 に伝わり、中央質量部 3 と枠状質量部 5 とは、両側質量部 7 に対して振動の位相が約 180° ずれた逆位相で振動する。このとき、外側支持梁 8 の節部 8A は振動の節となり、ほぼ一定の位置を保持するため、この節部 8A を支持する固定部 13 等を介して基板 2 に振動が伝わることはほとんどない。

【0061】また、左、右の外側支持梁 8 が撓み変形す

10

20

30

40

50



ることによって各外側質量部 4 が X 軸方向に振動するときに、振れ連結部 10 は、杵状質量部 6 と外側支持梁 8 との間でこれらに対して Z 軸周りで振れるように撓み変形し、外側支持梁 8 の変形動作（変位）のうち、ほぼ X 軸方向の変位量だけを杵状質量部 6 に伝達しつつ、この方向以外の撓み変形を補償、吸収する。これにより、両側質量部 7 が外側支持梁 8 の撓み変形等によって角速度と関係なく Y 軸方向に変位するのを防止することができる。

【0062】但し、振れ連結部 10 にもある程度の剛性が与えられているため、杵状質量部 6 が X 軸方向に振動するときには、振れ連結部 10 と外側支持梁 8 との間にこれらを直角に保持するための僅かな力が作用する。このため、例えば杵状質量部 6 が矢示 a2 方向に振動するときには、図 6 中に仮想線で示す如く、外側支持梁 8 の撓み変形等によって杵状質量部 6 に回転モーメント M が加わり、両側質量部 7 が Z 軸周りで振れるように変位して、X 軸方向への平行移動に対して僅かに位置ずれする傾向がある。

【0063】これに対し、本実施の形態では、振れ連結部 10 を、前、後の杵状質量部 6 間において両側質量部 7 の重心 G よりも外側となる位置で杵状質量部 6 に連結しているので、両側質量部 7 には、振れ連結部 10 との連結部位を支点として慣性力が作用する。この結果、両側質量部 7 には、回転モーメント M（杵状質量部 6 の振れ方向）と逆向きの回転モーメント M' を発生でき、これによって回転モーメント M を打消すことができる。

【0064】また、杵状質量部 6 が矢示 a1 方向に振動するときにも同様に、重心 G による回転モーメント M' を発生して外側支持梁 8 の撓み変形等による回転モーメント M を打消すことができる。これにより、基板 2 に角速度が加わっていないときには、両側質量部 7 を X 軸方向に沿ってほぼ平行に安定した状態で振動させることができ、これらが振れるように変位するのを防止することができる。

【0065】次に、角速度の検出動作について述べると、まず質量部 3～6 が振動した状態で基板 2 に Z 軸周りの角速度  $\Omega$  が加わると、これらは下記数 1 の式に示す Y 軸方向のコリオリ力  $F1$  を受けるようになるため、中央質量部 3 は、内側支持梁 11 が撓み変形することにより、コリオリ力  $F1$  に応じて Y 軸方向に変位する。

【0066】

【数 1】  $F1 = 2M\Omega v$

但し、M：中央質量部 3 の質量

$\Omega$ ：Z 軸周りの角速度

v：中央質量部 3 の X 軸方向の速度

【0067】また、各外側質量部 4 は、中央質量部 3 と逆位相（逆方向の速度）で振動しているため、前記数 1 の式から判るように、中央質量部 3 と逆向きのコリオリ力  $F2$  を受けるようになり、内側支持梁 12 が撓み変形

して Y 軸方向に変位する。

【0068】この場合、例えば図 6 において、中央質量部 3 がコリオリ力  $F1$  によって矢示 b1 方向に変位し、各外側質量部 4 がコリオリ力  $F2$  によって矢示 b2 方向に変位したとすれば、変位量検出部 28、30 では静電容量がそれぞれ減少し、検出側配線 40 には、これらの容量変化を加算した加算値が出力される。

【0069】また、変位量検出部 29、31 では静電容量がそれぞれ増大し、検出側配線 41 には、これらの容量変化の加算値が出力されるので、差動アンプ 42 は、これらの検出側配線 40、41 から入力される信号値の差を出力することにより、基板 2 に加わる Z 軸周りの角速度  $\Omega$  を静電容量の変化により高い精度で検出することができる。

【0070】一方、基板 2 に Y 軸方向の加速度が加わる場合について述べると、例えば基板 2 に矢示 b1 方向の加速度が加わった場合には、中央質量部 3 と各外側質量部 4 とが一緒に矢示 b1 方向に変位するので、変位量検出部 28、31 では静電容量が減少し、変位量検出部 29、30 では静電容量が増大する。このため、加速度による静電容量の変化を、検出側配線 40 により接続された変位量検出部 28、30 間、および検出側配線 41 により接続された変位量検出部 29、31 間でそれぞれ打消すことができ、外部からの衝撃等により基板 2 に加わる加速度が角速度として誤検出されるのを防止することができる。

【0071】かくして、本実施の形態によれば、中央質量部 3、外側質量部 4 および杵状質量部 5、6 を外側支持梁 8 によって X 軸方向に変位可能に連結し、外側支持梁 8 と杵状質量部 6 との間には、外側支持梁 8 から L 字状に屈曲した振れ連結部 10 を設ける構成としたので、角速度センサ 1 の作動時には、外側支持梁 8 が撓み変形することにより、中央の質量部 3、5 と両側質量部 7 とを互いに逆位相で X 軸方向に振動させることができる。

【0072】そして、外側支持梁 8 が撓み変形するときには、外側支持梁 8 と杵状質量部 6 との間に介在している振れ連結部 10 をこれらの両方に対して Z 軸周りで振れるように容易に撓み変形させることができ、外側支持梁 8 の撓み変形のうちほぼ X 軸方向の変位量だけを振れ連結部 10 によって杵状質量部 6 に伝達することができる。

【0073】また、振れ連結部 10 を各杵状質量部 6 の間で両側質量部 7 の重心 G よりも外側に配置したので、外側支持梁 8 から両側質量部 7 に加わる回転モーメント M を重心 G による回転モーメント M' によって打消すことができる。このため、振れ連結部 10 がある程度の剛性を有している状態でも、外側支持梁 8 が撓み変形するときには、両側質量部 7 を X 軸方向に沿ってほぼ平行に振動させることができる。

【0074】従って、両側質量部 7 が外側支持梁 8 の撓

み変形等によって角速度と関係なく Y 軸方向に変位したり、振れたりするのを確実に防止でき、角速度の検出信号にノイズ、ドリフト等が生じるのを抑えて検出精度を高め、センサの性能や信頼性を向上させることができる。

【0075】また、質量部 3、5 と両側質量部 7 とを互いに逆位相で振動させることにより、外側支持梁 8 の節部 8 A の位置で質量部 3 ～ 6 の振動を打消すことができ、この節部 8 A を固定部 13 によって基板 2 に固定することができる。これにより、質量部 3 ～ 6 の振動エネルギーが固定部 13 から基板 2 に伝わるのを防止でき、質量部 3 ～ 6 を予め定められた振幅、振動速度等で効率よく振動できると共に、基板 2 の振動を抑えて検出精度をより安定させることができる。

【0076】この場合、中央質量部 3 を挟んで一对の外側質量部 4 を対称に配置することにより、これらを簡単な構造でバランスよく振動させることができ、その振動状態を良好に保持することができる。また、これらの質量部 3、4 を取囲む枠状質量部 5、6 を設けたので、外側支持梁 8 の撓み変形が質量部 3、4 の変位量検出部 28、29、30、31 に伝わるのを枠状質量部 5、6 によって防止でき、角速度の検出精度をより高めることができる。

【0077】一方、検出側配線 40 に対して変位量検出部 28、30 を並列に接続し、検出側配線 41 に対して変位量検出部 29、31 を並列に接続したので、例えば基板 2 に Y 軸方向の加速度が加わるときには、この加速度による質量部 3、4 の変位（静電容量の変化）を変位量検出部 28、30 間、および変位量検出部 29、31 間でそれぞれ打消すことができる。

【0078】これにより、例えば外力中に含まれる加速度成分等を除去するために変位量検出部 29、31 の検出信号を加算する初段アンプ等を設ける必要がなくなり、角速度センサ 1 に接続する信号処理回路等を簡略化することができる。そして、検出側配線 40、41 を用いた簡単な構造によって角速度の検出信号から加速度成分を分離、除去でき、差動アンプ 42 を用いて検出側配線 40、41 による検出信号の差を求めることにより、角速度  $\Omega$  を高い精度で検出することができる。

【0079】この場合、例えば変位量検出部 29、31 の検出信号を初段アンプで電気信号に変換した後、加算して加速度成分を除去する方法では、初段アンプのゲインのばらつき等により、加速度成分を完全に除去することができなかった。これに対し、本実施の形態では、変位量検出部 29、31 を検出側配線 41 で接続することにより、差動アンプ 42 に入力される静電容量の変化自体を除去でき、加速度をより完全に除去することができる。

【0080】また、枠状の接地配線 44 により検出側配線 40、41 を取囲むようにしたので、該接地配線 44

により検出側配線 40、41 を駆動側配線 38 から静電シールドでき、駆動側配線 38 に供給される交流の駆動信号等によって検出信号にノイズ等が生じるのを防止できると共に、これによって角速度を正確に検出することができる。

【0081】なお、前記実施の形態では、振れ連結部 10 を L 字状の屈曲部として形成したが、本発明はこれに限らず、例えば図 7 に示す変形例のように、振れ連結部 51 を長さ方向の複数箇所屈曲したクランク形状に形成する構成してもよい。

【0082】また、実施の形態では、角速度センサ 1 により外力中に含まれる加速度成分を除去して角速度成分だけを検出する構成としたが、本発明はこれに限らず、例えば変位量検出部 28、31（または変位量検出部 29、30）の検出信号を加算する加速度用の検出側配線を設ける構成としてもよい。これにより、角速度センサ 1 の作動時には、検出側配線 40、41 により角速度を検出しつつ、加速度用の検出側配線により検出信号中に含まれる角速度成分を変位量検出部 28、31 間（または変位量検出部 29、30 間）で打消し、加速度も検出することができる。

【0083】

【発明の効果】以上詳述した通り、請求項 1 の発明によれば、複数の質量部を支持梁によって連結し、この支持梁と両側質量部との間には、支持梁に対して Z 軸周りの振れが可能となった振れ連結部を設ける構成としたので、各質量部は、支持梁が撓み変形することによって互いに逆位相で X 軸方向に振動することができる。そして、支持梁が撓み変形するときには、この支持梁と両側質量部との間に介在している振れ連結部を Z 軸周りで振れるように撓み変形させることができ、支持梁の撓み変形のうちほぼ X 軸方向の変位量だけを振れ連結部によって両側質量部に伝達することができる。従って、両側質量部を X 軸方向にほぼ平行な状態で安定的に振動させることができ、これらが支持梁の撓み変形等によって外力と関係なく Y 軸方向に変位したり、振れたりするのを確実に防止できると共に、検出精度を高めて信頼性を向上させることができる。

【0084】また、請求項 2 の発明によれば、振れ連結部は、両側質量部を側面の 1 箇所支持する構成としたので、支持梁が X 軸方向に撓み変形するときには、振れ連結部を支持梁と両側質量部との間でこれらの両方に対して Z 軸周りで振れるように撓み変形させることができ、両側質量部をより安定した状態で平行に振動させることができる。

【0085】また、請求項 3 の発明によれば、振れ連結部は支持梁から両側質量部に向けて L 字状またはクランク状に屈曲した屈曲部により形成する構成としたので、L 字状またはクランク状に延びた振れ連結部の先端側を、支持梁に対して Z 軸周りで振れるように容易に撓み

変形させることができ、振れ連結部によって支持梁の撓み変形を確実に吸収することができる。

【0086】また、請求項4の発明によれば、振れ連結部は、両側質量部の重心位置よりも外側となる位置で両側質量部に連結する構成としたので、例えば振れ連結部の剛性によって両側質量部に回転モーメントが発生する場合でも、これらの質量部に逆向きの回転モーメントを生じさせることができる。従って、両側質量部に作用する回転モーメントを打消すことができ、これらの質量部をほぼ平行に振動させることができる。

【0087】また、請求項5の発明によれば、固定部は、支持梁のうち各質量部が振動するときの節に対応する部位を基板に固定する構成としたので、中央質量部と両側質量部とが互いに逆位相で振動するときには、支持梁の節の位置で質量部の振動を打消すことができ、質量部の振動エネルギーが固定部から基板側に伝わるのを防止することができる。これにより、質量部を予め定められた振幅、振動速度等で効率よく振動させることができ、基板の振動を抑えて検出精度をより安定させることができる。

【0088】また、請求項6の発明によれば、基板の蓋板には、振動発生手段に駆動信号を供給する駆動側配線と、外力検出手段から検出信号を出力する検出側配線と、該検出側配線と駆動側配線との間を仕切る枠状の接地配線とを設ける構成としたので、枠状の接地配線により検出側配線を駆動側配線から静電シールドでき、駆動側配線に供給される交流の駆動信号等によって検出信号にノイズ等が生じるのを防止できると共に、これによつて外力を正確に検出することができる。

【0089】さらに、請求項7の発明によれば、第1ないし第4の質量部を支持梁によって連結し、この支持梁と第4の質量部との間を撓み連結部によってZ軸周りで撓み変形可能に連結する構成としたので、中央に位置する第1、第3の質量部の両側に第2、第4の質量部を対称的に配置でき、これらを互いに逆位相でバランスよく振動させることができる。そして、支持梁が撓み変形するときには、この支持梁と第4の質量部との間に介在している撓み連結部をZ軸周りで撓み変形させることができるから、第2、第4の質量部をX軸方向にほぼ平行な状態で安定的に振動させることができ、検出精度を高めることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図2】角速度センサを図1中の矢示II-II方向からみた断面図である。

【図3】角速度センサの一部を拡大して示す部分拡大平面図である。

【図4】図3中の外側質量部等を拡大して示す要部拡大図である。

【図5】蓋板の駆動側配線、検出側配線および接地配線を外部回路と共に示す回路構成図である。

【図6】中央質量部と外側質量部とが互いに逆位相で振動する状態を示す模式的な説明図である。

【図7】本発明の変形例による角速度センサを図4と同様位置からみた要部拡大図である。

#### 【符号の説明】

1 角速度センサ

2 基板

3 中央質量部

3 A, 3 B, 3 C 枠部

4 外側質量部

4 A, 4 B 枠部

5 枠状質量部

5 A, 5 B 枠部

6 枠状質量部

6 A, 6 B 枠部

6 A1 側面

7 両側質量部

8 外側支持梁（支持梁）

8 A 節部

9 中間連結部

10, 51 振れ連結部（撓み連結部）

11, 12 内側支持梁

13 固定部

13 A 台座部

13 B 腕部

14 駆動電極用支持部

15 固定側駆動電極

15 A, 16 A, 20 A, 21 A, 22 A, 23 A, 24 A, 25 A, 26 A, 27 A 電極版

16 可動側駆動電極

17 振動発生部（振動発生手段）

18 駆動用電極パッド

19 検出電極用支持部

20, 21, 22, 23 固定側検出電極

24, 25, 26, 27 可動側検出電極

28, 29, 30, 31 変位量検出部（外力検出手段）

32, 33, 34, 35 検出用電極パッド

36 接地用電極パッド

37 蓋板

37 A 貫通孔

38 駆動側配線

39 信号出力回路

40, 41 検出側配線

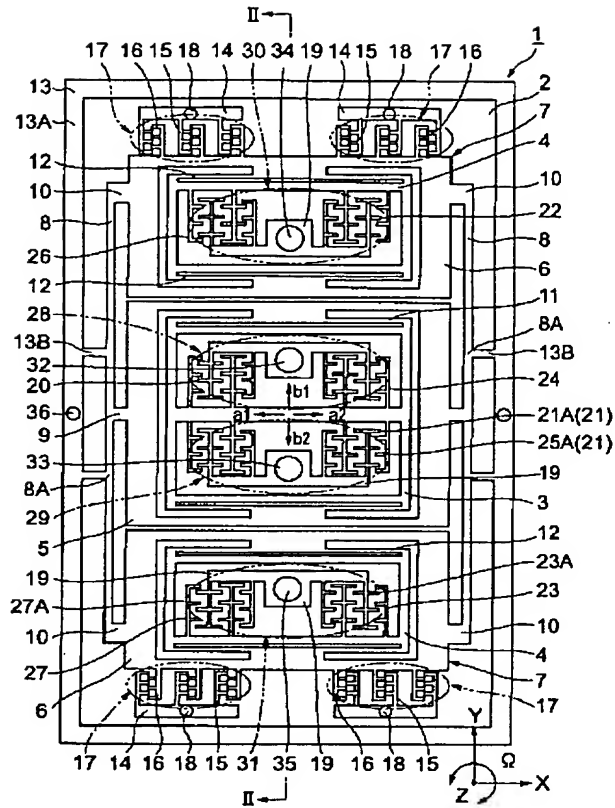
42 差動アンプ

43 出力端子

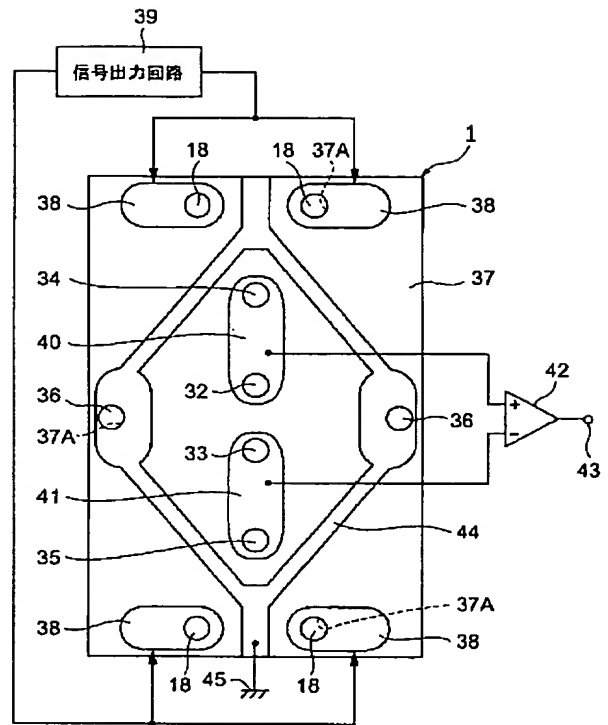
44 接地配線

45 アース

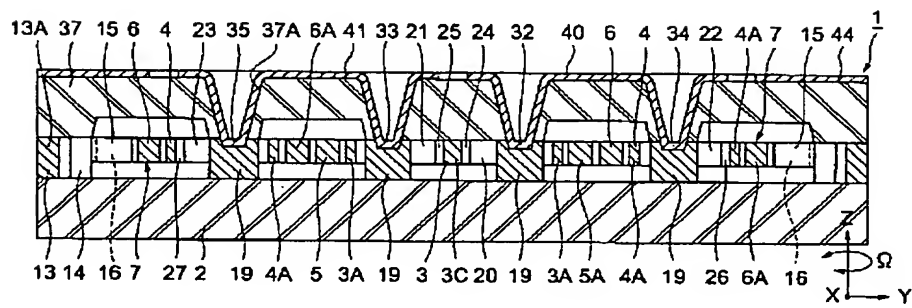
【図 1】



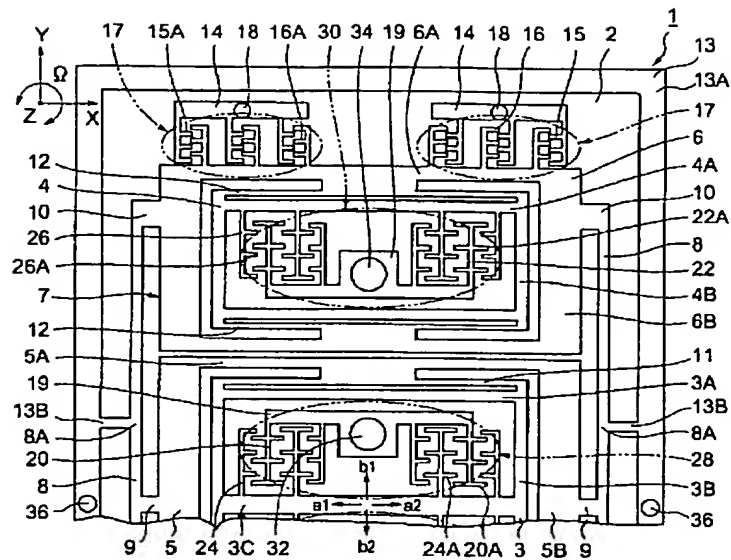
【図 5】



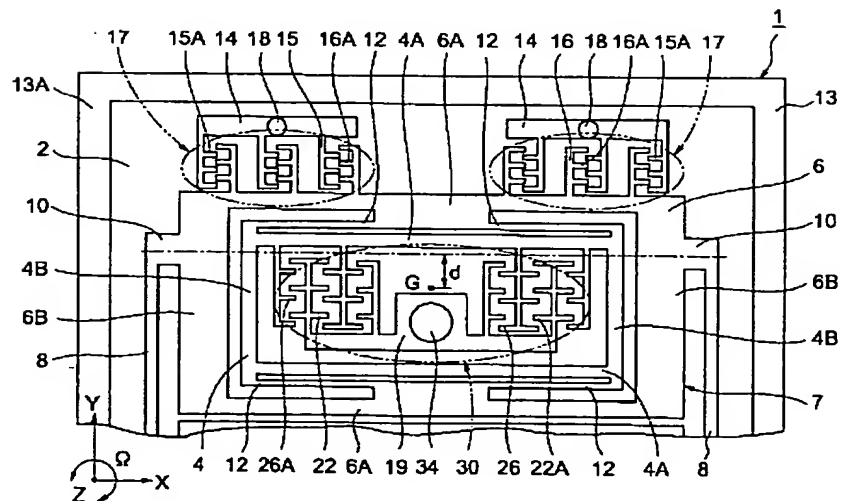
【図 2】



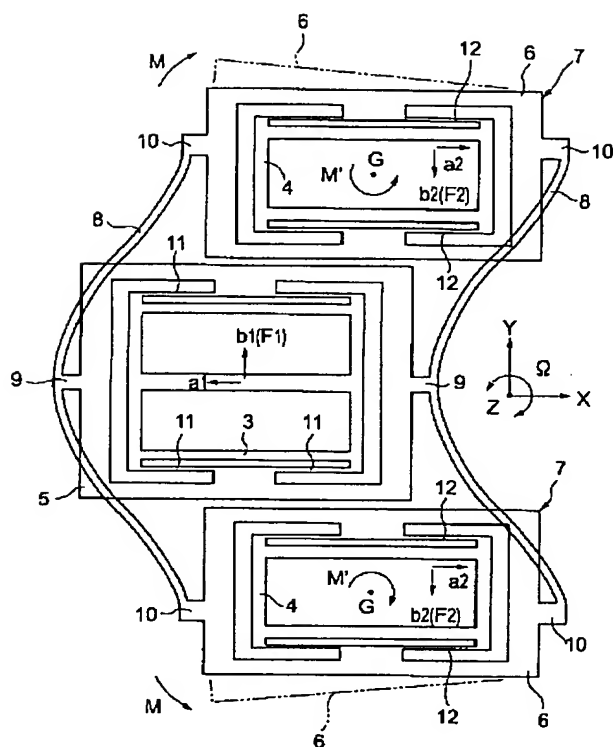
【図 3】



【図 4】



【図 6】



【図 7】

